農業氣象災害預測之關鍵—

降水預報簡介

＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊ ◎ 農試所農工組　姚銘輝　梁連勝

一、前言

氣象災害對農作物生長及產量的影響，包括如低溫、缺水、淹水、強風及霜害等直接影響，及因農田氣象環境改變所導致之高溫高濕使病蟲害發生機率增加等間接影響，但對我國農作物產值影響最大之農業氣象災害，則非降水害莫屬。降水(precipitation)和降雨(rainfall)的差別，在於前者的範圍較廣，凡指天空水分的沉降物，包括水、雪、冰雹等皆是，後者則專指液態水(雨)，台灣地處亞熱帶，除高山或少數異常氣候事件外，降水基本上即代表降雨。降水所造成災害主要在於時間和空間分佈不均勻所致，80~90 %的降水集中在5~10月間，造成此段時期常淹水，而冬季又因少雨而使一期作插秧無水可用，因此在春季缺水常寄望於3月春雨及5月梅雨帶來水量，7月又擔心颱風帶來豪雨，所以就農作物生長管理而言，若能對未來降水的趨勢有較確切的預知，有助於作物選擇，產期調節及預防災害措施的進行，因此導入本文主題—降水預報的簡介。基本上降水預報是很專業的工作，主要是由中央氣象局主導，但預報結果和大眾生活及農業生產息息相關，文中分別就預報資料來源、預報流程及準確性作一介紹，同時也說明預報的瓶頸及未來改進的策略等。

二、預報系統介紹

中央氣象局預報來源為統計預報及數值預報兩種，以下予以介紹。

統計預報：利用過去的氣象資料以統計分析得到關係性，再以外延方式推估未來氣象所作的一種預報方式。早在1860年6月荷蘭氣象單位進行首次風暴預測工作，當初所憑藉天氣圖內氣壓分佈與天氣發生之關係性，依據統計方法取得經驗法則，再依據預報員主觀的判斷，而發出預報單，時至今日，這種預報方式仍被採用。目前中央氣象局針對颱風降水預報，是依據颱風移動路徑分類而得到累積降水平均分佈，當預測一新形成颱風的降水量時，可假設颱風降水量與過去平均值之差異值維持不變，再依據颱風強度及移動速度作即時修正預測值。事實上，統計特性不易隨著時間變化，而且現有完整的觀測資料也僅有數十年歷史，和過去可能發生的氣候變化中僅是滄海一粟，同時

作者：姚副研究員銘輝
聯絡電話：04-23302301-709

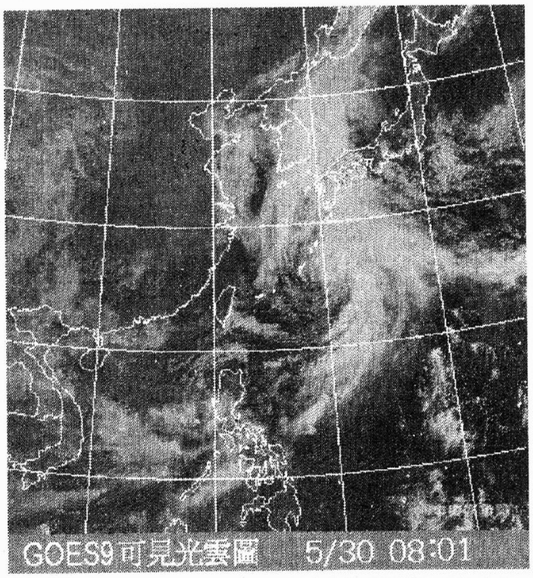
所歸納出的主要特性，未必適用於未來。即使如此，截至目前為止，統計模式預報的精確度仍高於數值預報，尤其是中長期的預報更顯著；因此，大部份國家的氣候預報仍採取統計預報的方法。

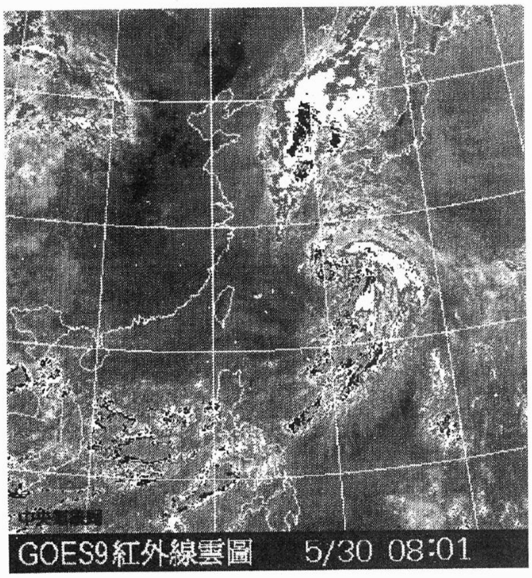
數值預報：是將大氣層依據水平及垂直方向以等距方式劃分網格點(grid point)，觀測站位置可能不在交叉點上，但在空間上，大氣狀態為連續函數，可依算式得到交叉點的數值，然後依理論方程式以差分代入，例如由 A 時間點起開始計算，經過很短的時間差△t，得到 A+△t 的網格點計算值，如此反覆運算，就可以得到 24 小時或 48 小時所有網格點的計算數值，此即為數值預報。數值預報的運算基礎是根據物理定律，如牛頓運動定律、熱力學及流體力學等，透過超級電腦強大運算能力而完成。雖然數值預報有理論基礎及嚴謹流程，但預報能力也僅限於一周內有效，超過此範圍準確度大幅降低，對於長期預報仍祇能以統計方式進行。主要原因是影響天氣系統的變化因素非常複雜，且呈非線性關係，微小的觀測誤差就會導致無法想像的大誤差。美國科學家羅倫茲(Edward Lorenz)曾以「蝴蝶效應」來說明此現象，他認為再好的觀測，再深的理論瞭解及再強大的電腦，也只能使天氣預報準確至某一程度，因為初始天氣的微小誤差會隨大氣模型的增加而變大，而初始微小誤差受許多因素影響，他曾開玩笑的提出「巴西蝴蝶翅膀的舞動會使美國德州發生龍捲風嗎？」這樣的問題，每隻蝴蝶翅膀的舞動和每個人類活動都會反應到全球天氣中。因此，追蹤每個影響氣象的因果關係是沒有意義的，同時這也是初始微小誤差會存在的原因。雖然數值預報仍有難以克服的瓶頸，但祇要觀測點更密集及資料更精確，配合電腦運算能力的提昇，及預報值反覆校驗的工作，對提高預測準確度仍有很大改善空間。

三、降水預報之資料來源

氣象預報和天氣預報在定義上有所差異，前者指大氣垂直面各層之氣象變數之預報，後者是地面上天氣因子，如降水、溫度、風速等之預報。現今的氣象預報工作係利用數值模式，全部過程由電腦完成；天氣預報則依據數值及統計所得的數值，再經預報員主觀修正。而針對降水預報而言，網格之數值預報對於降水區域之預報已有顯著改進，但對於中小幅度的天氣現象，例如雷雨、豪雨等預報準確度仍偏低，其改進方式在於減少預報方程式的誤差，增加觀測點密度及提昇觀測技術，為一立竿見影可立即顯現改進效果的方法，以下介紹三種和降水預報有關的觀測資料來源。

㈠氣象衛星資料：在衛星上攜帶各種輻射感測儀器，由所觀測的輻射值反演推估不同氣象因素，如溫度、濕度、風、雲及降水等。氣象衛星有可視光、紅外線及微波三種和降水有關的波段，可見光是利用物體表面對光線的反射率觀測雲覆蓋情形（圖一）；紅外線是利用反射率量測溫度，再由溫度判斷雲層發展情形（圖一）；微波段是反應中、高層水汽含量。衛星對於劇烈天氣系統(如颱風)特別重要，因颱風形成在熱帶海洋上，在廣大海洋無法建立氣象站，所有颱風訊息僅能依賴衛星資料，由衛星雲圖分析出颱風中心位置、強度、雲系及移動方向等資料。





圖一、可見光及紅外線衛星雲圖（此圖取自中央氣象局網站）

㈡氣象雷達資料：雷達作用原理爲發射全方位電波，當電波遇到阻礙物時會有反射波，所以雷達電波遇到大氣層水滴時，有部份電波便被反射送回原來發射電波的雷達站，雷達螢幕上便會出現雨、雪、冰雹、風暴、龍捲風及颱風等的位置、距離、移動方向、高度及強度等訊息（圖二）。但傳統雷達無法觀測到風暴內之大氣運動，也就是無法以三度空間解析整個對流雲系結構，都卜勒雷達(Doppler radar)適時解決這項問題，尤其對降水強度方面，可由雷達頻率中細微的改變偵測雨滴大小或含量，所運用原理是當雲層中雨滴向雷達接近時，反射波頻率會增加，而當它遠離雷達時，波的頻率會減少，此原理是由澳洲物理學家都卜勒(Christian Doppler)在 1842 年所發現。都卜勒雷達起初很笨重，電腦無法處理大量資料的計算，隨著後續的改進，已發展出可攜式都卜勒雷達。電影「龍捲風」中即用該雷達偵測龍捲風迷人的漩渦，讓人印象深刻。台灣地區目前共有四個都卜勒雷達站(綠島、清泉岡、中正機場及五分山)及二個傳統雷達站(花蓮及高雄)，隨著環島雷達網的建立將有助於預報的準確性。

㈢飛機觀測資料：一般爲特殊用途而非常態型的資料觀測，用以搜集較密集之資料，尤其是對流系統。

四、定量降水預報

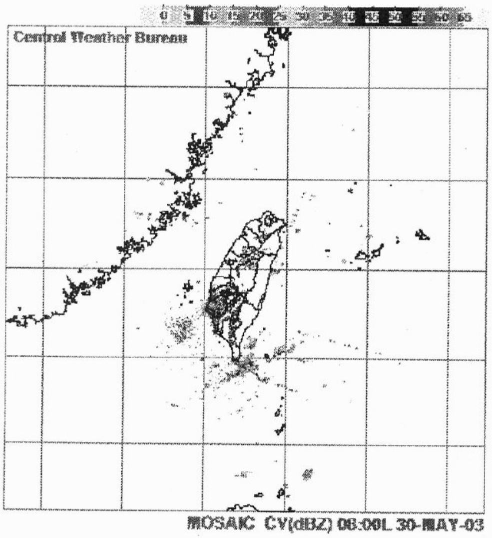
過去降水預報偏重於定性方面，缺乏定量方面的研究，主要受限於觀測資料缺少及降水的複雜性，目前氣象局所提供降水機率預報，主要是預報各地未來 36 小時三個時段(12 小時爲一時段)出現 0.1 公厘或以上雨量的機率，但這無法預報何時下雨及降雨面積，對農民而言，則需要更詳細的預報資料，尤其是降雨量多寡，以便決定作物是否需要蓋。

表一、中央氣象局發布預報，1996 － 2002 年台北、台中、高雄及花蓮之長期預報命中率

年度	氣溫命中數				雨量命中數			
	台北	台中	高雄	花蓮	台北	台中	高雄	花蓮
1996	5	4	3	5	7	6	2	5
1997	7	5	5	5	6	3	3	1
1998	6	7	8	7	3	6	6	4
1999	4	6	6	6	6	6	6	6
2000	7	3	9	6	4	3	3	3
2001	7	5	4	8	4	5	2	2
2002	6	9	9	10	7	5	3	6
總計	172 / 336 ＝ 0.512				123 / 336 ＝ 0.366			

(中央氣象局預報中心資料)

目前氣象局及學術界投下很多資源，開發定量降水預報(Quantitative Precipitation Forecast；QPF)的技術，這對於防災、救災及減災都是非重要的參考資料，特別是颱風與梅雨帶來的豪雨。事實上，量化降雨預報早在1960 年美國即開始實施，但預報能力甚低，經過 40 年的改進已有小幅度進展，預報第一天的準確度約 0.2【準確度＝(正確預報範圍)／(預報降雨範圍＋實測觀測降雨範圍－正確預報範圍)】，第二天爲 0.15，而且降雨強度越大，預報能力越差，顯然預報能力仍有待努力。



圖二、雷達反射波之雲量圖（此圖取自中央氣象局網站）

五、結語

目前氣象局對於短期天氣變化預報平均準確率接近 90 %，但超過此時段（一周以上）則需依統計方式，尤其是氣候預測值，是採用類別預報，將平均氣溫(或降雨)分爲偏低、近氣候正常值及偏高三類別，而發生機率的比重分別爲30%、40%及30%。表一是中央氣象局預報中心 1996 至 2002 年所作台北、台中、高雄及花蓮之預報命中率。以 2002 年爲例，雨量命中率 7：5：3：6，分別表示四個地點全年 12 月份中，命中月份的個數，七年平均氣溫命中率爲 0.512，降雨量 0.366，僅略高於 0.333 純機率預報準確率，顯然，降水的氣候預報準度仍低。然而成功的氣候預報可帶來更多附加價值，1997 年聖嬰現象非常明顯，根據過去記錄，隔年(1998 年)春雨必多，由於此項預測使台灣省水利處原先計劃休耕部份取消，節省二億七千萬救助金，而台灣電力公司也因爲此項預測增加八億五千四佰萬度的水力發電，節省火力發電燃料費九億六千萬元，這可印證成功預報所衍生預警效果是不容置疑。而台灣每年因豪大雨所帶來的災害，不論是土石流、山崩、坍方及淹水所造成的龐大損失，實不應吝於技術發展經費及人才培育的投資，加速進行颱風災害、降水定量及全島密集觀測網建立等迫切需要的研究。